

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-332640

(43)Date of publication of application : 25.11.2004

(51)Int.Cl.

F02D 13/02

F02D 41/04

F02D 43/00

(21)Application number : 2003-130947

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 09.05.2003

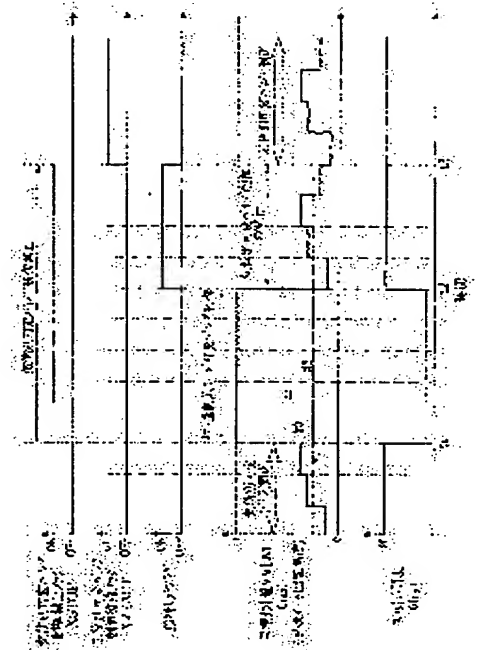
(72)Inventor : KONDO WAKICHI

(54) VARIABLE VALVE CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To avoid the ill effects of worsened responsiveness of a variable valve mechanism in by-cylinder variable valve control.

SOLUTION: In the by-cylinder variable valve control, a target lifting amount for every cylinder is set in accordance with the dispersion of an air intake amount between cylinders and the variable valve lifting mechanism is driven at a high speed to a position equivalent to the target lifting amount for the next intake cylinder each time in a period for closing all intake valves. During executing the by-cylinder variable valve control, the responsiveness of the variable valve lifting mechanism is determined in accordance with a drive period for driving the variable valve lifting mechanism to the position equivalent to the next target lifting amount and the by-cylinder variable valve control is prohibited when the responsiveness of the variable valve lifting mechanism is worsened beyond an allowable range. During prohibiting the by-cylinder variable valve control, the variable valve lifting mechanism is controlled to the position equivalent to the common target lifting amount for the cylinders by restricting the common target lifting amount for the cylinders to a preset value or higher and the air intake amount is controlled in combination with throttle control.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.07.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

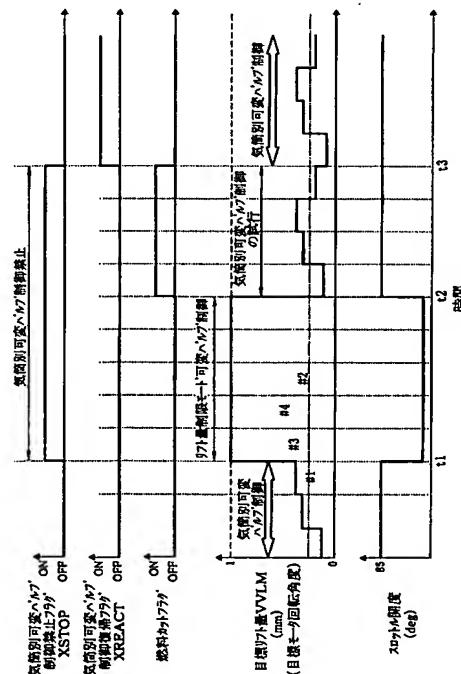
[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の複数気筒の吸気バルブ又は排気バルブ（以下単に「バルブ」という）のバルブ可変量を一括して 1 つの可変バルブ機構で可変する内燃機関の可変バルブ制御装置において、

前記複数気筒の各気筒毎に目標バルブ可変量を設定する気筒別目標バルブ可変量設定手段と、

所定タイミング毎に前記可変バルブ機構を次にバルブが開かれる気筒の目標バルブ可変量に相当する位置まで駆動することでバルブ可変量を気筒別に制御する気筒別可変バルブ制御を行う気筒別可変バルブ制御手段と、

前記可変バルブ機構の応答性が所定の許容範囲を越えて悪化した場合に、前記気筒別可変バルブ制御を禁止する気筒別可変バルブ制御禁止手段と

を備えていることを特徴とする内燃機関の可変バルブ制御装置。

10

【請求項 2】

前記気筒別可変バルブ制御手段は、前記複数気筒の全てのバルブが閉じている全バルブ閉弁期間に前記可変バルブ機構を次にバルブが開かれる気筒の目標バルブ可変量に相当する位置まで駆動するように前記気筒別可変バルブ制御を実行し、

前記気筒別可変バルブ制御禁止手段は、前記可変バルブ機構を次にバルブが開かれる気筒の目標バルブ可変量に相当する位置まで駆動する駆動期間が前記全バルブ閉弁期間よりも長くなったときに、前記可変バルブ機構の応答性が前記許容範囲を越えたと判定して前記気筒別可変バルブ制御を禁止することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

20

【請求項 3】

前記気筒別可変バルブ制御禁止手段は、気筒間の吸入空気量ばらつきが所定の判定値を越えたときに、前記可変バルブ機構の応答性が前記許容範囲を越えたと判定して前記気筒別可変バルブ制御を禁止することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

【請求項 4】

前記気筒別可変バルブ制御禁止手段は、内燃機関の回転速度変動及び／又は燃焼圧変動が所定の判定値を越えたときに、前記可変バルブ機構の応答性が前記許容範囲を越えたと判定して前記気筒別可変バルブ制御を禁止することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

30

【請求項 5】

前記気筒別可変バルブ制御禁止手段は、前記可変バルブ機構の応答速度が該可変バルブ機構を駆動するアクチュエータの規格値に基づいて設定した判定値を越えたときに、前記可変バルブ機構の応答性が前記許容範囲を越えたと判定して前記気筒別可変バルブ制御を禁止することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

【請求項 6】

前記気筒別可変バルブ制御の禁止中に、各気筒共通の目標バルブリフト量を所定の下限リフト量以上に制限して前記可変バルブ機構を各気筒共通の目標バルブ可変量に相当する位置に制御するリフト量制限モード可変バルブ制御を行うリフト量制限モード可変バルブ制御手段を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

40

【請求項 7】

前記下限リフト量は、前記目標バルブリフト量に対する実バルブリフト量の設計上の最大ばらつきの割合を所定のばらつき許容値以下にするリフト量に設定されていることを特徴とする請求項 6 に記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

【請求項 8】

前記可変バルブ機構を制御して吸入空気量を制御するシステムに適用され、

50

前記気筒別可変バルブ制御の禁止中に、内燃機関のスロットルバルブを制御して吸入空気量を制御するスロットル制御手段を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

【請求項 9】

前記気筒別可変バルブ制御の禁止中に所定の復帰条件が成立したときに前記気筒別可変バルブ制御を復帰させる復帰制御手段を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

【請求項 10】

前記復帰制御手段は、前記気筒別可変バルブ制御の禁止中に前記可変バルブ機構を駆動するバッテリー電圧が所定値よりも低下している場合には、該バッテリー電圧が所定値以上に回復したか否かで前記復帰条件が成立しているか否かを判定することを特徴とする請求項 9 に記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

10

【請求項 11】

前記復帰制御手段は、前記気筒別可変バルブ制御の禁止中に燃料カット又は減速状態になったときに一時的に前記気筒別可変バルブ制御を試行し、それにより、前記可変バルブ機構の応答性が所定の許容範囲内に回復したか否かで前記復帰条件が成立しているか否かを判定することを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の内燃機関の可変バルブ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

20

本発明は、内燃機関の吸気バルブ又は排気バルブのバルブ可変量（リフト量、作用角、バルブタイミング等）を制御する内燃機関の可変バルブ制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般に、内燃機関の吸入空気量の制御はスロットルバルブによって行われるが、最近では、吸気バルブのリフト量を可変する可変バルブ機構を設け、アクセル開度やエンジン運転状態等に応じて吸気バルブのリフト量を可変することで吸入空気量を制御する技術が開発されている。この可変吸気バルブ制御による吸入空気量制御は、吸気バルブのリフト量を小さくすることによって、吸気通路をスロットルバルブで絞ることなく吸入空気量を少なくすることができるので、ポンピングロス低減することができると共に、吸気バルブのリフト量を小さくすることによって、カム軸の駆動力も低減することができ、燃費を向上させることができるという利点がある。

30

【0003】

このような可変バルブリフト制御システムにおいては、特許文献 1（特開 2001-263110 号公報）に示すように、各気筒毎に吸気バルブを駆動する電磁アクチュエータを設けたものがあるが、この構成では、気筒数と同数の電磁アクチュエータが必要になるため、システム構成が複雑化して高コストになる欠点がある。

【0004】

そこで、複数気筒の吸気バルブのリフト量を一括して 1 つの可変バルブ機構で制御するシステムが開発されている。

40

しかし、この可変吸気バルブ制御による吸入空気量制御では、低負荷時に吸気バルブのリフト量が小さくなるため、各気筒で目標リフト量に対する実リフト量のばらつき（各気筒の部品公差や組付公差によるばらつき）の割合が大きくなって、気筒間の吸入空気量ばらつきが大きくなる傾向がある。このため、気筒間の吸入空気量ばらつきの影響を受けて各気筒のトルクや空燃比が変動し易く、気筒間のトルクばらつきや空燃比ばらつきが大きくなる傾向がある。

【0005】

このような気筒間のトルクばらつきや空燃比ばらつきを補正する方法が幾つか提案されている。例えば、特許文献 2（特開昭 62-17342 号公報）に示すように、クランク軸に設けたトルクセンサで各気筒毎にトルクを検出して、各気筒のトルクが全気筒の平均ト

50

ルクになるように各気筒毎に燃料噴射量を補正するようにしたものがある。

【0006】

或は、特許文献3（特開2000-220489号公報）に示すように、排気管に設置した空燃比センサの出力に基づいて各気筒の空燃比を推定し、気筒間の空燃比ばらつきが小さくなるように各気筒毎に燃料噴射量を補正するようにしたものがある。

【0007】

【特許文献1】

特開2001-263110号公報（第3頁～第6頁等）

【特許文献2】

特開昭62-17342号公報（第2頁等）

10

【特許文献3】

特開2000-220489号公報（第2頁～第3頁等）

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記特許文献2、3では、各気筒毎にトルクや空燃比を検出して、その検出結果に基づいて各気筒毎に燃料噴射量を補正することで、各気筒のトルクばらつきや空燃比ばらつきを補正するようにしている。しかし、気筒間の吸入空気量ばらつきが大きくなると、単に燃料噴射量を補正するだけでは、各気筒のトルクばらつきや空燃比ばらつきを十分な精度で補正することは困難である。しかも、気筒間の吸入空気量ばらつきや吸入燃料量ばらつき等の複数の要因が絡み合って気筒間のトルクばらつきや空燃比ばらつきが発生している場合も、十分な精度で補正することは困難である。

20

【0009】

この対策として、各気筒の部品公差や組付公差を小さくして（つまり気筒間の吸気バルブリフト量のばらつきを小さくして）、気筒間の吸入空気量のばらつきを小さくすることが考えられるが、これを実現するには、部品の加工精度を向上させたり、部品を選択して組み付けたりする必要がある、部品コストや製造コストが高くなってしまうという欠点がある。

【0010】

そこで、本発明者らは、複数気筒の吸気バルブのリフト量を一括して1つの可変バルブ機構で制御するシステムにおいて、各気筒の吸気行程毎（4気筒エンジンであれば180℃A毎）に可変バルブ機構を高速駆動することで、気筒間の吸気バルブリフト量のばらつき（又は吸入空気量のばらつき）を補正する“気筒別可変バルブ制御”を研究している。

30

【0011】

しかし、この気筒別可変バルブ制御では、可変バルブ機構を駆動するバッテリー電圧の低下（又は油圧の低下）や可変バルブ機構の経時劣化、故障等により可変バルブ機構の応答性が低下すると、可変バルブ機構を高速駆動することができなくなって、気筒別可変バルブ制御の制御精度が低下する可能性がある。このため、可変バルブ機構の応答性が低下した状態で気筒別可変バルブ制御を続行すると、気筒間の吸入空気量ばらつきの低減効果が小さくなるだけでは済まず、場合によっては、気筒間の吸入空気量ばらつきを増大させてしまう可能性がある。その結果、気筒間のトルクばらつきや空燃比ばらつきが大きくなって、ドライバビリティ・排気エミッション等のエンジン諸性能が悪化してしまう可能性がある。

40

【0012】

本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、従ってその目的は、複数気筒のバルブ可変量を一括して1つの可変バルブ機構で制御するシステムにおいて、可変バルブ機構の応答性の悪化によるエンジン諸性能への悪影響を回避することができる内燃機関の可変バルブ制御装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の請求項1は、複数気筒の吸気バルブ又は排気バルブ

50

(以下単に「バルブ」という)のバルブ可変量を一括して1つの可変バルブ機構で制御するシステムにおいて、複数気筒の各気筒毎に目標バルブ可変量を気筒別目標バルブ可変量設定手段により設定し、所定タイミング毎に可変バルブ機構を次にバルブが開かれる気筒の目標バルブ可変量に相当する位置まで駆動することでバルブ可変量を気筒別に制御する気筒別可変バルブ制御を気筒別可変バルブ制御手段により実行すると共に、可変バルブ機構の応答性が所定の許容範囲を越えて悪化した場合に、気筒別可変バルブ制御を気筒別可変バルブ制御禁止手段により禁止するようにしたものである。

【0014】

このようにすれば、可変バルブ機構の応答性が悪化して所定の許容範囲を越えると、気筒別可変バルブ制御が実行されなくなるため、可変バルブ機構の応答性の悪化による気筒間のバルブ可変量のばらつき(又は吸入空気量のばらつき)の悪化を未然に防止することができ、可変バルブ機構の応答性の悪化によるドライバビリティ・排気エミッション等のエンジン諸性能への悪影響を回避することができる。

【0015】

この場合、請求項2のように、複数気筒の全てのバルブが閉じている全バルブ閉弁期間に可変バルブ機構を次にバルブが開かれる気筒の目標バルブ可変量に相当する位置まで駆動するように気筒別可変バルブ制御を実行し、可変バルブ機構を次にバルブが開かれる気筒の目標バルブ可変量に相当する位置まで駆動する駆動期間が前記全バルブ閉弁期間よりも長くなったときに、可変バルブ機構の応答性が許容範囲を越えたと判定して気筒別可変バルブ制御を禁止するようにしても良い。

【0016】

このように、全バルブ閉弁期間に可変バルブ機構を駆動して気筒別可変バルブ制御を行うシステムでは、可変バルブ機構を次にバルブが開かれる気筒の目標バルブ可変量に相当する位置まで駆動する駆動期間(以下単に「可変バルブ機構の駆動期間」という)が全バルブ閉弁期間以下であれば、全バルブ閉弁期間内に可変バルブ機構の駆動を終了することができる。しかし、可変バルブ機構の応答性が低下して、可変バルブ機構の駆動期間が全バルブ閉弁期間よりも長くなると、全バルブ閉弁期間内に可変バルブ機構の駆動を終了することができなくなると、各気筒のバルブプロフィールが過渡状態となってしまう。このため、目標バルブ可変量に対応した適正なバルブプロフィールでバルブを開くことができなくなり、気筒間のバルブ可変量のばらつき(又は吸入空気量のばらつき)を精度良く補正することができなくなる。従って、可変バルブ機構の駆動期間が全バルブ閉弁期間よりも長くなったときに、気筒別可変バルブ制御を禁止すれば、各気筒のバルブプロフィールが過渡状態となることを回避することができ、気筒間のバルブ可変量のばらつき(又は吸入空気量のばらつき)の悪化を未然に防止することができる。

【0017】

また、請求項3のように、気筒間の吸入空気量ばらつきが所定の判定値を越えたときに、可変バルブ機構の応答性が許容範囲を越えたと判定して気筒別可変バルブ制御を禁止するようにしても良い。このようにすれば、可変バルブ機構の応答性の悪化により気筒間の吸入空気量ばらつきが増大したことを検知して、気筒別可変バルブ制御を禁止することができるので、可変バルブ機構の応答性の悪化による気筒間の吸入空気量ばらつきをエンジン諸性能に悪影響を及ぼさない程度に抑えることができる。

【0018】

また、可変バルブ機構の応答性が悪化すると、各気筒の吸入空気量、吸気流速、筒内温度等が変動して燃焼状態が変動し、内燃機関の燃焼圧変動や回転速度変動が発生する。この点に着目して、請求項4のように、内燃機関の回転速度変動及び/又は燃焼圧変動が所定の判定値を越えたときに、可変バルブ機構の応答性が許容範囲を越えたと判定して気筒別可変バルブ制御を禁止するようにしても良い。このようにすれば、可変バルブ機構の応答性の悪化により回転速度変動や燃焼圧変動が増大したことを検知して、気筒別可変バルブ制御を禁止することができるので、可変バルブ機構の応答性の悪化による回転速度変動や燃焼圧変動をエンジン諸性能に悪影響を及ぼさない程度に抑えることができる。

【0019】

また、可変バルブ機構のアクチュエータは、可変バルブ機構を高速駆動する気筒別可変バルブ制御を実現できるように所定の規格値を満たしたものが用いられるため、請求項5のように、可変バルブ機構の応答速度が該可変バルブ機構のアクチュエータの規格値に基づいて設定した判定値を越えたときに、可変バルブ機構の応答性が許容範囲を越えたと判定して気筒別可変バルブ制御を禁止するようにしても良い。このようにすれば、アクチュエータの規格値に基づいて可変バルブ機構の応答性の悪化を精度良く検出して、気筒別可変バルブ制御を禁止することができる。

【0020】

ところで、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、通常の可変バルブ制御（つまり可変バルブ機構を各気筒共通の目標バルブ可変量に相当する位置に制御する可変バルブ制御）を行うと、気筒別可変バルブ制御によって抑えていたばらつきが再び増大する。つまり、目標バルブリフト量が小さい領域では、目標バルブリフト量に対する実バルブリフト量のばらつき（部品公差や組付公差によるばらつき）の割合が大きくなって、気筒間の吸入空気量ばらつきが大きくなる。

【0021】

この対策として、請求項6のように、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、各気筒共通の目標バルブリフト量を所定の下限リフト量以上に制限して可変バルブ機構を各気筒共通の目標バルブ可変量に相当する位置に制御するリフト量制限モード可変バルブ制御を行うようにすると良い。このように、目標バルブリフト量を所定の下限リフト量以上に制限すれば、目標バルブリフト量に対する実バルブリフト量のばらつき（部品公差や組付公差によるばらつき）の割合を小さくして、気筒間の吸入空気量ばらつきを許容範囲内に抑えることができる。従って、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、リフト量制限モード可変バルブ制御を実行すれば、気筒間の吸入空気量ばらつきをドライバビリティや排気エミッションが悪化しない許容範囲内に抑えながら、可変バルブ制御を行うことができる。

【0022】

この場合、請求項7のように、下限リフト量は、目標バルブリフト量に対する実バルブリフト量の設計上の最大ばらつきの割合を所定のばらつき許容値以下にするリフト量に設定すると良い。このようにすれば、実バルブリフト量のばらつき（部品公差や組付公差によるばらつき）が設計上の最大値となった場合でも、目標バルブリフト量に対する実バルブリフト量のばらつきの割合を所定のばらつき許容値以下にすることができ、気筒間の吸入空気量ばらつきを確実に許容範囲内に抑えることができる。

【0023】

更に、可変バルブ機構を制御して吸入空気量を制御するシステムでは、請求項8のように、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、内燃機関のスロットルバルブを制御して吸入空気量を制御するようにしても良い。気筒別可変バルブ制御の禁止中に、リフト量制限モード可変バルブ制御を行って目標バルブリフト量を所定値以上に制限すると、可変バルブ制御による吸入空気量制御だけでは吸入空気量の制御領域の下限側が制限されて、アイドル等の低負荷時に吸入空気量を通常の最小空気量（アイドル時の目標空気量）付近に制御できなくなるが、スロットルバルブ制御による吸入空気量制御を併用することで、吸入空気量の制御領域の下限側を通常の最小空気量まで広げることができる。

【0024】

ところで、可変バルブ機構を駆動するバッテリー電圧の低下や可変バルブ機構の一時的な故障等により可変バルブ機構の応答性が悪化した場合には、その後、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、可変バルブ機構の応答性が回復する可能性がある。

【0025】

そこで、請求項9のように、気筒別可変バルブ制御の禁止中に所定の復帰条件が成立した場合に、気筒別可変バルブ制御を復帰させるようにしても良い。このようにすれば、所定の復帰条件が成立した場合に、可変バルブ機構の応答性が回復したと判断して、気筒別可変バルブ制御を再開することができる。

【0026】

例えば、請求項10のように、気筒別可変バルブ制御の禁止中に可変バルブ機構を駆動するバッテリー電圧が所定値よりも低下している場合には、バッテリー電圧が所定値以上に回復したか否かで前記復帰条件が成立しているか否かを判定するようにすると良い。バッテリー電圧の低下によって可変バルブ機構の応答性が悪化した場合には、バッテリー電圧が所定値以上に回復すれば、可変バルブ機構の応答性が回復するため、バッテリー電圧が所定値以上に回復した時点で、可変バルブ機構の応答性が回復したと判断して、気筒別可変バルブ制御を再開することができる。

【0027】

また、請求項11のように、気筒別可変バルブ制御の禁止中に燃料カット又は減速状態になったときに一時的に気筒別可変バルブ制御を試行し、それにより、可変バルブ機構の応答性が所定の許容範囲内に回復したか否かで前記復帰条件が成立しているか否かを判定するようにしても良い。このようにすれば、可変バルブ機構の応答性が回復したことを実際に確認してから気筒別可変バルブ制御再開することができる。しかも、燃料カット中又は減速中に気筒別可変バルブ制御を試行するので、もし、可変バルブ機構の応答性が回復していない場合でも、気筒別可変バルブ制御の試行によるドライバビリティ等への悪影響を少なくすることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を図面に基づいて説明する。まず、図1に基づいてエンジン制御システム全体の概略構成を説明する。内燃機関である例えば直列4気筒のエンジン11は、第1気筒#1～第4気筒#4の4つの気筒を有し、このエンジン11の吸気管12の最上流部には、エアクリーナ13が設けられ、このエアクリーナ13の下流側に、吸入空気量を検出するエアフローメータ14が設けられている。このエアフローメータ14の下流側には、DCモータ等によって開度調節されるスロットルバルブ15とスロットル開度を検出するスロットル開度センサ16とが設けられている。

【0029】

更に、スロットルバルブ15の下流側には、サージタンク17が設けられ、このサージタンク17には、吸気管圧力を検出する吸気管圧力センサ18が設けられている。また、サージタンク17には、エンジン11の各気筒に空気を導入する吸気マニホールド19が設けられ、各気筒の吸気マニホールド19の吸気ポート近傍に、それぞれ燃料を噴射する燃料噴射弁20が取り付けられている。また、エンジン11のシリンダヘッドには、各気筒毎に点火プラグ21が取り付けられ、各点火プラグ21の火花放電によって筒内の混合気に着火される。

【0030】

また、エンジン11の吸気バルブ28と排気バルブ29には、それぞれリフト量を可変する可変バルブリフト機構30、31（可変バルブ機構）が設けられている。更に、吸気バルブ28と排気バルブ29に、それぞれバルブタイミング（開閉タイミング）を可変する可変バルブタイミング機構を設けるようにしても良い。

【0031】

一方、エンジン11の排気管22には、排出ガス中のCO、HC、NO_x等を浄化する三元触媒等の触媒23が設けられ、この触媒23の上流側に、排出ガスの空燃比又はリッチ／リーン等を検出する排出ガスセンサ24（空燃比センサ、酸素センサ等）が設けられている。また、エンジン11のシリンダブロックには、冷却水温を検出する冷却水温センサ25や、エンジン11のクランク軸が一定クランク角（例えば30℃A）回転する毎にパルス信号を出力するクランク角センサ26が取り付けられている。このクランク角センサ26の出力信号に基づいてクランク角やエンジン回転速度が検出される。

【0032】

これら各種センサの出力は、エンジン制御回路（以下「ECU」と表記する）27に入力される。このECU27は、マイクロコンピュータを主体として構成され、内蔵されたR

10

20

30

40

50

OM（記憶媒体）に記憶された各種のエンジン制御プログラムを実行することで、エンジン運転状態に応じて燃料噴射弁20の燃料噴射量や点火プラグ21の点火時期を制御する。

【0033】

次に、図2に基づいて吸気バルブ28の可変バルブリフト機構30の構成を説明する。尚、排気バルブ29の可変バルブリフト機構31は、吸気バルブ28の可変バルブリフト機構30と実質的に同一構成であるため、説明を省略する。

【0034】

図2に示すように、吸気バルブ28を駆動するためのカムシャフト32とロッカーアーム33との間に、リンクアーム34が設けられ、このリンクアーム34の上方に、ステッピングモータ等のモータ41（アクチュエータ）で回動駆動されるコントロールシャフト35が設けられている。モータ41の回動軸41aに連結されたウォーム42と、コントロールシャフト35と一体的に回動するように設けられたウォームホイール43とが噛み合うことで、モータ41の回転力がコントロールシャフト35に伝達されるようになっている。また、モータ41には、モータ41の回転角度（回動軸41aの回転角度）を検出するエンコーダ等のモータ回転角度センサ44（図1参照）が設けられている。

【0035】

コントロールシャフト35には、偏心カム36が一体的に回動可能に設けられ、この偏心カム36の軸心に対して偏心した位置に、リンクアーム34が支持軸（図示せず）を介して揺動可能に支持されている。このリンクアーム34の中央部には、揺動カム38が設けられ、この揺動カム38の側面が、カムシャフト32に設けられたカム37の外周面に当接している。また、リンクアーム34の下端部には、押圧カム39が設けられ、この押圧カム39の下端面が、ロッカーアーム33の中央部に設けられたローラ40の上端面に当接している。

【0036】

これにより、カムシャフト32の回転によってカム37が回転すると、そのカム37の外周面形状に追従してリンクアーム34の揺動カム38が左右に移動して、リンクアーム34が左右に揺動する。リンクアーム34が左右に揺動すると、押圧カム39が左右に移動するため、押圧カム39の下端面形状に応じてロッカーアーム33のローラ40が上下に移動して、ロッカーアーム33が上下に揺動する。このロッカーアーム33の上下動によって吸気バルブ28が上下動するようになっている。

【0037】

一方、コントロールシャフト35の回転によって偏心カム36が回転すると、リンクアーム34の支持軸の位置が移動して、リンクアーム34の押圧カム39とロッカーアーム33のローラ40との初期の接触点位置が変化する。また、リンクアーム34の押圧カム39の下端面は、一端部側にロッカーアーム33の押圧量が0（吸気バルブ28のリフト量が0）となるような曲率でベース曲面39aが形成され、このベース曲面39aから他端部に向かうに従ってロッカーアーム33の押圧量が大きくなる（吸気バルブ28のリフト量が大きくなる）ような曲率で押圧曲面39bが形成されている。

【0038】

吸気バルブ28の最大リフト量を大きくする高リフトモードの場合には、コントロールシャフト35の回転によってリンクアーム34の押圧カム39とロッカーアーム33のローラ40との初期の接触点位置を押圧曲面39bの方に移動させる。これにより、カム37の回転によって押圧カム39が左右に移動したときに押圧カム39の下端面のうちローラ40に接触する区間が押圧曲面39bの方に移動するため、ロッカーアーム33の最大押圧量が大きくなって吸気バルブ28の最大リフト量が大きくなると共に、ロッカーアーム33が押圧される期間が長くなって吸気バルブ28の開弁期間が長くなる。

【0039】

一方、吸気バルブ28の最大リフト量を小さくする低リフトモードの場合には、コントロールシャフト35の回転によってリンクアーム34の押圧カム39とロッカーアーム33

のローラ40との初期の接触点位置をベース曲面39aの方に移動させる。これにより、カム37の回転によって押圧カム39が左右に移動したときに押圧カム39の下端面のうちローラ40に接触する区間がベース曲面39aの方に移動するため、ロッカーアーム33の最大押圧量が小さくなって吸気バルブ28の最大リフト量が小さくなると共に、ロッカーアーム33が押圧される期間が短くなって吸気バルブ28の開弁期間が短くなる。

【0040】

以上説明した可変バルブリフト機構30では、モータ41でコントロールシャフト35を回転させてリンクアーム34の押圧カム39とロッカーアーム33のローラ40との初期の接触点位置を連続的に移動させれば、例えば図3に示すように、直列4気筒エンジン11の全ての気筒(#1~#4)の吸気バルブ28の最大リフト量と開弁期間(以下単に「リフト量」という)を一括して連続的に可変することができる。

10

【0041】

ECU27は、ROMに記憶された可変バルブ制御ルーチン(図示せず)を実行することで、アクセル開度やエンジン運転状態等に基づいて吸気バルブ28の可変バルブリフト機構30を制御して、吸気バルブ28のリフト量を連続的に可変して吸入空気量を制御する。尚、可変バルブリフト機構30と可変バルブタイミング機構を併用したシステムの場合には、リフト量とバルブタイミングの両方を連続的に可変して吸入空気量を制御するようにしても良い。

【0042】

その際、ECU27は、後述する図4乃至図9に示す可変バルブ制御用の各ルーチンを実行することで、次のようにして吸気バルブ28の可変バルブリフト機構30を制御する。

20

【0043】

ECU27は、エアフローメータ14の出力信号に基づいて各気筒の気筒間吸入空気量ばらつき率DEVを算出し、この気筒間吸入空気量ばらつき率DEVに基づいて気筒間の実吸入空気量のばらつきが小さくなるように各気筒毎に目標リフト量VVLMを設定する。そして、図12に示すように、全気筒の吸気バルブ28が開弁している全吸気バルブ開弁期間になる毎に、可変バルブリフト機構30のモータ41を次の吸気気筒の目標リフト量VVLMに相当する位置まで高速駆動することで、吸入空気量を気筒別に制御して気筒間の吸入空気量ばらつきを補正する“気筒別可変バルブ制御”を実行する。

30

【0044】

また、ECU27は、気筒別可変バルブ制御の実行中に、可変バルブリフト機構30のモータ41を次の吸気気筒の目標リフト量VVLMに相当する位置まで駆動するモータ駆動期間TACT等に基づいて可変バルブリフト機構30の応答性を判定し、可変バルブリフト機構30の応答性が許容範囲を越えて悪化したと判定されたときに、気筒別可変バルブ制御を禁止する。これにより、可変バルブリフト機構30の応答性の悪化による気筒間のリフト量ばらつき(又は吸入空気量ばらつき)の悪化を未然に防止する。

【0045】

更に、ECU27は、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、アクセル開度やエンジン運転状態等に基づいて設定した各気筒共通の目標リフト量TGVVLを所定の下限リフト量VVLMmin以上に制限して、可変バルブリフト機構30のモータ41を各気筒共通の目標リフト量TGVVLに相当する位置に制御するリフト量制限モード可変バルブ制御を行う。これにより、目標リフト量TGVVLに対する実リフト量のばらつき(部品公差や組付公差によるばらつき)の割合を所定のばらつき許容値以下に抑えて、気筒間の吸入空気量ばらつきをドライバビリティや排気エミッションが悪化しない許容範囲内に抑える。

40

【0046】

また、ECU27は、気筒別可変バルブ制御の禁止中に所定の復帰条件が成立したときには、気筒別可変バルブ制御精度が回復したと判断して、気筒別可変バルブ制御を再開する。

以下、ECU27が実行する図4乃至図9に示す可変バルブ制御用の各ルーチンの処理内容を説明する。

50

【0047】

[気筒別可変バルブ制御実行・禁止ルーチン]

図4に示す気筒別可変バルブ制御実行・禁止ルーチンは、例えばイグニッションスイッチ（図示せず）のオン後に所定周期で実行される。本ルーチンが起動されると、まず、ステップ101で、気筒別可変バルブ制御禁止フラグXSTOPのセット状態（ON/OFF）を読み込む。この気筒別可変バルブ制御禁止フラグXSTOPは、後述する図5及び図6の気筒別可変バルブ制御禁止判定ルーチンによって、気筒別可変バルブ制御の禁止条件が成立したときに「ON」にセットされる。

【0048】

この後、ステップ102に進み、気筒別可変バルブ制御の禁止条件が成立しているか否かを、気筒別可変バルブ制御禁止フラグXSTOPが「ON」か否かによって判定する。その結果、気筒別可変バルブ制御の禁止条件が不成立であると判定された場合には、ステップ110に進み、後述する図8の気筒別可変バルブ制御ルーチンを実行して、気筒別可変バルブ制御を実行する。 10

【0049】

一方、上記ステップ102で、気筒別可変バルブ制御の禁止条件が成立していると判定された場合には、気筒別可変バルブ制御を禁止したまま、ステップ103に進み、気筒別可変バルブ制御復帰フラグXREACTのセット状態（ON/OFF）を読み込む。この気筒別可変バルブ制御復帰フラグXREACTは、後述する図7の気筒別可変バルブ制御復帰判定ルーチンによって、気筒別可変バルブ制御の復帰条件成立が成立したときに「ON」にセットされる。 20

【0050】

この後、ステップ104に進み、気筒別可変バルブ制御の復帰条件が成立しているか否かを、気筒別可変バルブ制御復帰フラグXREACTが「ON」か否かによって判定する。その結果、気筒別可変バルブ制御の復帰条件が成立していると判定された場合には、ステップ110に進み、後述する図8の気筒別可変バルブ制御ルーチンを実行して、気筒別可変バルブ制御を再開する。

【0051】

一方、上記ステップ102で気筒別可変バルブ制御の禁止条件が成立していると判定され、且つ、上記ステップ104で気筒別可変バルブ制御の復帰条件が不成立であると判定された場合には、気筒別可変バルブ制御を禁止したまま、ステップ105以降のリフト量制限モード可変バルブ制御に関する処理を次のようにして実行する。 30

【0052】

まず、ステップ105で、アクセル開度やエンジン運転状態等に基づいて設定した各気筒共通の目標リフト量TGVLを制限するための下限リフト量VVLminを読み込む。この下限リフト量VVLminは、目標リフト量TGVLに対する実リフト量の設計上の最大ばらつき（部品公差や組付公差による最大ばらつき）の割合を所定のばらつき許容値以下にするリフト量であり、例えば、ばらつき許容値が5%で、実リフト量の設計上の最大ばらつきが50μmの場合、下限リフト量VVLminは1mmに設定される。 40

【0053】

この後、ステップ106に進み、各気筒共通の目標リフト量TGVLが下限リフト量VVLminよりも小さいか否かを判定する。その結果、各気筒共通の目標リフト量TGVLが下限リフト量VVLmin以上であると判定された場合には、ステップ107に進み、アクセル開度やエンジン運転状態等に基づいて設定した各気筒共通の目標リフト量TGVLをそのまま採用して（目標リフト量TGVL=TGVL）、可変バルブリフト機構30のモータ41を該目標リフト量TGVLに相当する位置に制御する。

【0054】

一方、上記ステップ106で、各気筒共通の目標リフト量TGVLが下限リフト量VVLminよりも小さいと判定された場合には、ステップ108に進み、目標リフト量T 50

G V V Lを下限リフト量V V L m i n でガード処理して（目標リフト量T G V V L = V V L m i n ）、可変バルブリフト機構30のモータ41を該目標リフト量T G V V L（= V V L m i n ）に相当する位置に制御する。

【0055】

これらのステップ105～108の処理により、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、各気筒共通の目標リフト量T G V V Lを下限リフト量V V L m i n 以上に制限して、可変バルブリフト機構30のモータ41を各気筒共通の目標リフト量T G V V Lに相当する位置に制御するリフト量制限モード可変バルブ制御を行う。これらのステップ105～108の処理が特許請求の範囲でいうリフト量制限モード可変バルブ制御手段としての役割を果たす。

10

【0056】

また、ステップ108で、目標リフト量T G V V Lを下限リフト量V V L m i n でガード処理した場合には、ステップ109に進み、アクセル開度やエンジン運転状態等に基づいてスロットルバルブ15を制御して吸入空気量を制御する。このステップ109の処理が特許請求の範囲でいうスロットル制御手段としての役割を果たす。

【0057】

〔気筒別可変バルブ制御禁止判定ルーチン〕

図5及び図6に示す気筒別可変バルブ制御禁止判定ルーチンは、例えばイグニッションスイッチのオン後に所定周期で実行される。本ルーチンが起動されると、まず、ステップ201で、気筒別可変バルブ制御の実行中であるか否かを判定し、気筒別可変バルブ制御を実行していないと判定されれば、そのまま本ルーチンを終了する。

20

【0058】

一方、気筒別可変バルブ制御の実行中であると判定された場合には、ステップ202に進み、モータ回転角度センサ44の出力信号に基づいて、可変バルブリフト機構30のモータ41を現在の位置から次の吸気気筒の目標リフト量V V L Mに相当する位置まで駆動するのに要するモータ駆動期間T A C T（クランク角又は時間）を算出する。

【0059】

この後、ステップ203に進み、モータ駆動期間T A C Tをなまし処理して、最終的なモータ駆動期間T A C T S M（なまし値）を求める。

$$T A C T S M = T A C T S M (o l d) + K \times \{ T A C T - T A C T S M (o l d) \}$$

30

ここで、T A C T S M (o l d) は、前回のモータ駆動期間T A C T S M（なまし値）であり、Kは、なまし係数である。

【0060】

この後、ステップ204に進み、モータ駆動期間T A C T S Mと比較するための全吸気バルブ閉弁期間T C L O S Eを読み込む。一般に、可変吸気バルブ制御による吸入空気量制御では、アイドル運転時に吸気バルブ28のリフト量が最も小さくなって気筒間の吸入空気量ばらつきが最も大きくなるため、アイドル運転時に気筒間の目標リフト量V V L Mの変化量が最も大きくなってモータ駆動期間T A C Tが最も長くなる。そこで、本ルーチンでは、モータ駆動期間T A C T S Mと比較するための全吸気バルブ閉弁期間T C L O S Eとして、アイドル運転時の全吸気バルブ閉弁期間を読み込む。このアイドル運転時の全吸気バルブ閉弁期間は、クランク角で例えば80℃A、又は、クランク軸が80℃A回転するのに要する時間である。

40

【0061】

この後、ステップ205に進み、後述する図9の気筒間吸入空気量ばらつき率算出ルーチンで算出した各気筒の気筒間吸入空気量ばらつき率D E V (i) を読み込む。ここで、(# i) は気筒番号であり、(# 1) ～ (# 4) のいずれかを意味する。

【0062】

この後、ステップ206に進み、全気筒の気筒間吸入空気量ばらつき率D E V (1) ～ D E V (4) の標準偏差σ { D E V (i) } を算出する。

50

この後、ステップ207に進み、エンジン11の回転角速度変動量 $\Delta\omega$ を次式により算出する。

$$\Delta\omega = \{1/T30(1)\} - \{1/T30(0)\}$$

【0063】

ここで、 $T30(0)$ はクランク軸が 0°CA （例えば第1気筒#1の圧縮上死点に相当するクランク回転位置）から 30°CA まで回転するのに要した時間であり、 $1/T30(1)$ はクランク軸が 60°CA から 90°CA まで回転するのに要した時間であり、いずれもクランク角センサ26の出力パルスの間隔に基づいて算出される。

この後、ステップ208に進み、所定期間の回転角速度変動量 $\Delta\omega$ の標準偏差 $\sigma(\Delta\omega)$ を算出する。

10

【0064】

この後、図6のステップ209に進み、気筒別可変バルブ制御の禁止条件が成立しているか否かを、可変バルブリフト機構30の応答性が許容範囲を越えているか否かによって判定する。ここで、可変バルブリフト機構30の応答性が許容範囲を越えているか否かは、例えば、次の▲1▼～▲4▼の条件のうちのいずれか1つを満たすか否かによって判定する。

【0065】

▲1▼モータ駆動期間TACTSMが全吸気バルブ閉弁期間TCLOSEよりも長いこと
モータ駆動期間TACTSMが全吸気バルブ閉弁期間TCLOSEよりも長くなったときに、気筒別可変バルブ制御を禁止すれば、各気筒のバルブプロフィールが過渡状態となることを回避することができ、気筒間のリフト量ばらつき（又は吸入空気量ばらつき）の悪化を未然に防止することができる。

20

【0066】

▲2▼気筒間吸入空気量ばらつき率DEV(i)の標準偏差 $\sigma\{DEV(i)\}$ が所定の判定値K（例えば3%）よりも大きいこと

気筒間吸入空気量ばらつき率DEV(i)の標準偏差 $\sigma\{DEV(i)\}$ が判定値Kよりも大きくなったときに、気筒別可変バルブ制御を禁止すれば、可変バルブリフト機構30の応答性の悪化により気筒間の吸入空気量ばらつきが増大したことを検知して、気筒別可変バルブ制御を禁止することができるので、可変バルブリフト機構30の応答性の悪化による気筒間の吸入空気量ばらつきをエンジン諸性能に悪影響を及ぼさない程度に抑えることができる。

30

【0067】

▲3▼回転角速度変動量 $\Delta\omega$ の標準偏差 $\sigma(\Delta\omega)$ が所定の判定値Lよりも大きいこと
回転角速度変動量 $\Delta\omega$ の標準偏差 $\sigma(\Delta\omega)$ が判定値Lよりも大きくなったときに、気筒別可変バルブ制御を禁止すれば、可変バルブリフト機構30の応答性の悪化により回転速度変動が増大したことを検知して、気筒別可変バルブ制御を禁止することができるので、可変バルブリフト機構30の応答性の悪化による回転速度変動をエンジン諸性能に悪影響を及ぼさない程度に抑えることができる。尚、燃焼圧変動が増大したときに、気筒別可変バルブ制御を禁止するようにしても良い。

40

【0068】

▲4▼モータ駆動期間TACTSMが規格上限値Mよりも長いこと
この規格上限値Mは、可変バルブリフト機構30のモータ41の規格値に基づいて算出又は推定したモータ駆動期間TACTSMの上限値に設定されている。モータ駆動期間TACTSMと規格上限値Mを比較すれば、モータ41の規格値に基づいて可変バルブリフト機構30の応答性の悪化を精度良く検出して、気筒別可変バルブ制御を禁止することができる。

【0069】

上記▲1▼～▲4▼の条件のうちのいずれか1つを満たせば、可変バルブリフト機構30の応答性が許容範囲を越えていると判定されて、気筒別可変バルブ制御の禁止条件が成立するが、上記▲1▼～▲4▼の条件を全て満たさなければ、可変バルブリフト機構30の

50

応答性が許容範囲内であると判定されて、気筒別可変バルブ制御の禁止条件が不成立となる。

【0070】

このステップ209で、気筒別可変バルブ制御の禁止条件が不成立と判定された場合、つまり、可変バルブリフト機構30の応答性が許容範囲内であると判定された場合には、気筒別可変バルブ制御が精度良く行われていると判断して、そのまま本ルーチンを終了する。

【0071】

これに対して、気筒別可変バルブ制御の禁止条件が成立した場合、つまり、可変バルブリフト機構30の応答性が許容範囲を越えていると判定された場合には、気筒別可変バルブ制御を続行すると、エンジン諸性能に悪影響を及ぼす可能性があると判断して、ステップ210に進み、気筒別可変バルブ制御禁止フラグXSTOPを「ON」にセットする。これにより、図4のステップ102で「Yes」と判定されて気筒別可変バルブ制御が禁止される。この機能が特許請求の範囲という気筒別可変バルブ制御禁止手段としての役割を果たす。

10

【0072】

この後、ステップ211に進み、気筒別可変バルブ制御復帰フラグXREACTを「OFF」にリセットして、本ルーチンを終了する。

【0073】

〔気筒別可変バルブ制御復帰判定ルーチン〕

20

図7に示す気筒別可変バルブ制御復帰判定ルーチンは、例えばイグニッションスイッチのオン後に所定周期で実行される。本ルーチンが起動されると、まず、ステップ301で、燃料カット中又は減速中であるか否かを判定し、燃料カット中でも減速中でもなければ、そのまま本ルーチンを終了する。

【0074】

一方、燃料カット中又は減速中であると判定された場合には、ステップ302に進み、後述する図8の気筒別可変バルブ制御ルーチンを実行して、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、一時的に気筒別可変バルブ制御を試行する。

【0075】

この後、ステップ303に進み、モータ回転角度センサ44の出力信号に基づいてモータ駆動期間TACTを算出した後、ステップ304に進み、モータ駆動期間TACTをなまし処理して最終的なモータ駆動期間TACTSM（なまし値）を求める。

30

$$TACTSM = TACTSM(oid) + K \times \{TACT - TACTSM(oid)\}$$

【0076】

この後、ステップ305に進み、モータ駆動期間TACTSMと比較するための全吸気バルブ閉弁期間TCLOSEを読み込む。

この後、ステップ306に進み、気筒別可変バルブ制御の復帰条件が成立しているか否かを判定する。ここで、気筒別可変バルブ制御の復帰条件は、例えば、次の▲1▼～▲3▼の条件を全て満たすことである。

40

▲1▼モータ駆動期間TACTSMが全吸気バルブ閉弁期間TCLOSE以下であること

▲2▼モータ駆動期間TACTSMが規格上限値M以下であること

▲3▼バッテリー電圧が所定値（例えば12V）以上であること

【0077】

上記▲1▼～▲3▼の条件を全て満たせば、気筒別可変バルブ制御の復帰条件が成立するが、上記▲1▼～▲3▼の条件のうちいずれか1つでも満たさない条件があれば、気筒別可変バルブ制御の復帰条件が不成立となる。

【0078】

もし、気筒別可変バルブ制御の復帰条件が不成立と判定されれば、可変バルブリフト機構30の応答性が回復していないと判断して、ステップ307に進み、気筒別可変バルブ制

50

御復帰フラグXREACTを「OFF」にリセットしたまま本ルーチンを終了する。

【0079】

一方、上記ステップ306で、気筒別可変バルブ制御の復帰条件が成立していると判定された場合には、可変バルブリフト機構30の応答性が許容範囲内に回復したと判断して、ステップ308に進み、気筒別可変バルブ制御復帰フラグXREACTを「ON」にセットする。これにより、図4のステップ104で「Yes」と判定されて気筒別可変バルブ制御が再開される。この機能が特許請求の範囲という復帰制御手段としての役割を果たす。

この後、ステップ309に進み、気筒別可変バルブ制御禁止フラグXREACTを「OFF」にリセットして、本ルーチンを終了する。

10

【0080】

[気筒別可変バルブ制御ルーチン]

図4のステップ110で、図8に示す気筒別可変バルブ制御ルーチンが起動されると、まず、ステップ401で、気筒別可変バルブ制御実行条件が成立しているか否かを判定する。ここで、気筒別可変バルブ制御実行条件は、例えば、次の2つの条件▲1▼、▲2▼を両方とも満たすことである。

▲1▼ 始動後所定時間以上が経過していること（つまり始動直後の不安定な運転状態でないこと）

▲2▼ 過渡運転状態でないこと（つまり定常運転状態であること）

【0081】

これら2つの条件▲1▼、▲2▼を両方とも満たせば、気筒別可変バルブ制御実行条件が成立するが、いずれか一方でも満たさない条件があれば、気筒別可変バルブ制御実行条件が不成立となる。もし、気筒別可変バルブ制御実行条件が不成立と判定されれば、ステップ402以降の気筒別可変バルブ制御に関する処理を実行することなく、本ルーチンを終了する。

20

【0082】

一方、上記ステップ401で、気筒別可変バルブ制御実行条件が成立していると判定された場合には、ステップ402以降の気筒別可変バルブ制御に関する処理を次のようにして実行する。まず、ステップ402で、後述する図9の気筒間吸入空気量ばらつき率算出ルーチンを実行して、各気筒の気筒間吸入空気量ばらつき率DEV(#i)を算出する。

30

【0083】

この後、ステップ403に進み、各気筒毎に気筒間吸入空気量ばらつき率DEV(#i)に応じたリフト補正量FVVL(#i)を図10のマップを用いて算出する。図10のマップは、気筒間吸入空気量ばらつき率DEV(#i)が1よりも大きい領域では、リフト補正量FVVL(#i)が減量値（マイナス値）となり、気筒間吸入空気量ばらつき率DEV(#i)が1よりも小さい領域では、リフト補正量FVVL(#i)が増量値（プラス値）となる。つまり、ある気筒の吸入空気量が全気筒の平均吸入空気量よりも多くなるほど、リフト補正量FVVL(#i)による減量補正量が大きくなり、反対に、ある気筒の吸入空気量が全気筒の平均吸入空気量よりも少なくなるほど、リフト補正量FVVL(#i)による増量補正量が大きくなって、気筒間の実吸入空気量のばらつきが小さくなるようにしている。尚、気筒間吸入空気量ばらつき率DEV(#i)が1付近の所定領域では、リフト補正量FVVL(#i)=0に設定され、吸気バルブリフト量VVLが補正されない。

40

【0084】

リフト補正量FVVL(#i)の算出後、ステップ404に進み、全気筒の吸気バルブ28が閉弁しているか否かを判定し、少なくとも1つの吸気バルブ28が開弁していると判定されれば、そのまま本ルーチンを終了する。

【0085】

その後、ステップ404で、全気筒の吸気バルブ28が開弁していると判定されたときに、ステップ405に進み、補正前の全気筒の平均リフト量VVLに次の吸気気筒のリフト

50

補正量 $FVVL$ ($\#i$) を加算して、気筒別目標リフト量 $VVLM$ を求める。

【0086】

次の吸気気筒が第1気筒#1のとき（つまり第1気筒#1の吸気行程前）には、第1気筒#1のリフト補正量 $FVVL$ ($\#1$) を全気筒の平均リフト量 VVL に加算して気筒別目標リフト量 $VVLM$ を求める。

$$VVLM = VVL + FVVL(\#1)$$

【0087】

次の吸気気筒が第2気筒#2のとき（つまり第2気筒#2の吸気行程前）には、第2気筒#2のリフト補正量 $FVVL$ ($\#2$) を全気筒の平均リフト量 VVL に加算して気筒別目標リフト量 $VVLM$ を求める。

$$VVLM = VVL + FVVL(\#2)$$

【0088】

次の吸気気筒が第3気筒#3のとき（つまり第3気筒#3の吸気行程前）には、第3気筒#3のリフト補正量 $FVVL$ ($\#3$) を全気筒の平均リフト量 VVL に加算して気筒別目標リフト量 $VVLM$ を求める。

$$VVLM = VVL + FVVL(\#3)$$

【0089】

次の吸気気筒が第4気筒#4のとき（つまり第4気筒#4の吸気行程前）には、第4気筒#4のリフト補正量 $FVVL$ ($\#4$) を全気筒の平均リフト量 VVL に加算して気筒別目標リフト量 $VVLM$ を求める。

$$VVLM = VVL + FVVL(\#4)$$

【0090】

このようにして、全気筒の吸気バルブ28が閉弁している全吸気バルブ閉弁期間になる毎に、次の吸気気筒のリフト補正量 $FVVL$ ($\#i$) を用いて、次の吸気気筒の目標リフト量 $VVLM$ を設定する。このステップ405の処理が特許請求の範囲でいう気筒別目標バルブ可変量設定手段としての役割を果たす。

【0091】

この後、ステップ406に進み、全吸気バルブ閉弁期間になる毎に、気筒別目標リフト量 $VVLM$ に応じて可変バルブリフト機構30のモータ41を高速駆動して、全吸気バルブ閉弁期間内に可変バルブリフト機構30のモータ41を次の吸気気筒の目標リフト量 $VVLM$ に相当する位置まで駆動する。

【0092】

このようにして、各気筒毎に設定した目標リフト量 $VVLM$ に基づいて吸気バルブ28のリフト量を気筒別に制御する“気筒別可変バルブ制御”を実行することで、吸入空気量を気筒別に制御して気筒間の吸入空気量ばらつきを補正する。このステップ406の処理が特許請求の範囲でいう気筒別可変バルブ制御手段としての役割を果たす。

【0093】

〔気筒間吸入空気量ばらつき率算出ルーチン〕

図8のステップ402で、図9に示す気筒間ばらつき率算出ルーチンが起動されると、まず、ステップ501で、エアフローメータ14で検出した瞬時空気流量 GA を読み込んだ後、ステップ502に進み、クランク角カウンタ $CCRNK$ のカウント値を読み込む。このクランク角カウンタ $CCRNK$ は、クランク角センサ26の出力信号に基づいて例えば $30^\circ CA$ 毎に「1」ずつインクリメントされるため、クランク角カウンタ $CCRNK$ の24カウントが1サイクル ($720^\circ CA$) に相当する。尚、クランク角カウンタ $CCRNK$ は、「24」になった時点で「0」にリセットされる。また、クランク角カウンタ $CCRNK = 0$ のクランク回転位置が、第1気筒#1の圧縮上死点（圧縮 TDC ）に相当し、クランク角カウンタ $CCRNK = 6, 12, 18$ のクランク回転位置が、それぞれ第3気筒#3、第4気筒#4、第2気筒#2の圧縮 TDC に相当するように設定されている。

【0094】

この後、ステップ503に進み、各気筒の吸入空気量平均値 $GAave$ ($\#i$) を算出

する。

この場合、クランク角カウンタ C C R N K = 1 2 ~ 1 7 の期間（つまり第 1 気筒 # 1 の吸気行程に対応する期間）は、その期間の瞬時空気流量 G A の平均値を第 1 気筒 # 1 の吸入空気流量平均値 G A a v e (# 1) とする。

【 0 0 9 5 】

クランク角カウンタ C C R N K = 6 ~ 1 1 の期間（つまり第 2 気筒 # 2 の吸気行程に対応する期間）は、その期間の瞬時空気流量 G A の平均値を、第 2 気筒 # 2 の吸入空気流量平均値 G A a v e (# 2) とする。

【 0 0 9 6 】

クランク角カウンタ C C R N K = 1 8 ~ 2 3 の期間（つまり第 3 気筒 # 3 の吸気行程に対応する期間）は、その期間の瞬時空気流量 G A の平均値を、第 3 気筒 # 3 の吸入空気流量平均値 G A a v e (# 3) とする。

10

【 0 0 9 7 】

クランク角カウンタ C C R N K = 0 ~ 5 の期間（つまり第 4 気筒 # 4 の吸気行程に対応する期間）は、その期間の瞬時空気流量 G A の平均値を、第 4 気筒 # 4 の吸入空気流量平均値 G A a v e (# 4) とする。

この後、ステップ 5 0 4 で、各気筒の気筒間吸入空気量ばらつき率 D E V (# i) を次式により算出する。

【 0 0 9 8 】

【 数 1 】

20

$$DEV(\#i) = \frac{GAave(\#i)}{\sum_{k=1}^4 GAave(\#k) / 4}$$

【 0 0 9 9 】

上式の分母は、全気筒の吸入空気流量平均値 G A a v e (# 1) ~ G A a v e (# 4) の平均値である。

30

尚、図 9 の気筒間吸入空気量ばらつき率算出ルーチンでは、各気筒の吸入空気流量平均値 G A a v e (# i) を用いて気筒間吸入空気量ばらつき率 D E V (# i) を算出したが、各気筒の吸入空気流量極大値や吸入空気量積算値を用いて気筒間吸入空気量ばらつき率 D E V (# i) を算出するようにしても良い。また、各気筒の吸入空気量に応じて発生する吸気脈動がエアフローメータ 1 4 で検出されるまでの時間遅れ等を考慮して、各気筒の吸入空気流量平均値の算出期間を適宜変更しても良い。

【 0 1 0 0 】

また、吸気管圧力センサ 1 8 の出力に基づいて気筒間吸入空気量ばらつき率 D E V (# i) を算出するようにしても良い。また、各気筒の筒内圧を検出する筒内圧センサや各気筒のバルブリフト量を検出するリフトセンサを備えたシステムでは、筒内圧センサの出力やリフトセンサの出力に基づいて気筒間吸入空気量ばらつき率 D E V (# i) を算出するようにしても良い。

40

【 0 1 0 1 】

以上説明した本実施形態の実行例を図 1 1 乃至図 1 3 に示すタイムチャートを用いて説明する。図 1 1 に示すように、可変バルブリフト機構 3 0 の応答性が許容範囲内にあり、気筒別可変バルブ制御禁止フラグ X S T O P が O F F されている期間中は、気筒別可変バルブ制御を実行して吸入空気量を制御する。この気筒別可変バルブ制御中は、各気筒の気筒間吸入空気量ばらつき率 D E V (# i) に基づいて各気筒の目標リフト量 V V L M を設定し、図 1 2 に示すように、全吸気バルブ閉弁期間になる毎に、可変バルブリフト機構 3 0

50

のモータ41を次の吸気気筒の目標リフト量VVL_Mに相当する位置まで高速駆動することで、吸入空気量を気筒別に制御して気筒間の吸入空気量ばらつきを補正する。

【0102】

その後、例えば、図13に示すように、バッテリー電圧の低下等により可変バルブリフト機構30の応答性が悪化して、モータ駆動期間TACTSMが全吸気バルブ閉弁期間TCLOSEよりも長くなった時点(図11のt1)で、可変バルブリフト機構30の応答性が許容範囲を越えて悪化したと判定されて、気筒別可変バルブ制御禁止フラグXSTOPがONされ、気筒別可変バルブ制御が禁止される。これにより、可変バルブリフト機構30の応答性の悪化による気筒間のリフト量のばらつき(又は吸入空気量のばらつき)悪化を未然に防止することができ、ドライバビリティや排気エミッションへの悪影響を回避することができる。

10

【0103】

また、図11に示すように、気筒別可変バルブ制御の禁止中は、リフト量制限モード可変バルブ制御とスロットルバルブ制御により吸入空気量を制御する。リフト量制限モード可変バルブ制御では、各気筒共通の目標リフト量TGVVLを下限リフト量VVL_{min}(例えば1mm)以上に制限して可変バルブリフト機構30のモータ41を各気筒共通の目標リフト量TGVVLに相当する位置に制御する。

【0104】

目標リフト量TGVVLを下限リフト量VVL_{min}以上に制限すれば、実バルブリフト量のばらつき(部品公差や組付公差によるばらつき)が設計上の最大値となった場合でも、目標リフト量TGVVLに対する実リフト量のばらつきの割合を所定のばらつき許容値(例えば5%)以下に抑えて、気筒間の吸入空気量ばらつきを許容範囲内に抑えることができる。従って、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、リフト量制限モード可変バルブ制御を実行すれば、気筒間の吸入空気量ばらつきをドライバビリティや排気エミッションが悪化しない許容範囲内に抑えながら、可変バルブ制御による吸入空気量制御を行うことができ、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、スロットルバルブ制御のみで吸入空気量制御を行う場合よりも、燃費を向上させることができる。

20

【0105】

また、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、リフト量制限モード可変バルブ制御を行って目標リフト量TGVVLを下限リフト量VVL_{min}以上に制限する場合、可変バルブ制御による吸入空気量制御だけでは吸入空気量の制御領域の下限側が制限されて、アイドル等の低負荷時に吸入空気量を通常 of 最小空気量(アイドル時の目標空気量)付近に制御できなくなるが、スロットルバルブ制御による吸入空気量制御を併用することで、吸入空気量の制御領域の下限側を通常 of 最小空気量まで広げることができる。

30

【0106】

更に、図11に示すように、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、燃料カット(又は減速)が開始された時点t2で、気筒別可変バルブ制御を試行し、そのときの可変バルブリフト機構30の応答性が許容範囲内に回復した判定されて復帰条件が成立した時点t3で、気筒別可変バルブ制御復帰フラグXREACTがONされて、気筒別可変バルブ制御が再開される。

40

【0107】

これにより、可変バルブリフト機構30の応答性が回復したことを実際に確認してから気筒別可変バルブ制御を再開することができる。しかも、燃料カット中又は減速中に気筒別可変バルブ制御を試行するので、もし、可変バルブリフト機構30の応答性が回復していない場合でも、気筒別可変バルブ制御の試行によるドライバビリティ等への悪影響を少なくすることができる。

【0108】

尚、本実施形態では、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、リフト量制限モード可変バルブ制御による吸入空気量制御とスロットルバルブ制御による吸入空気量制御を併用するようにしたが、スロットルバルブ制御による吸入空気量制御のみを行うようにしても良い。

50

【0109】

また、本実施形態では、気筒別可変バルブ制御の禁止中に、気筒別可変バルブ制御を試行し、3つの条件（▲1▼モータ駆動期間TACTSMが全吸気バルブ閉弁期間TCLOSE以下であること、▲2▼モータ駆動期間TACTSMが規格上限値M以下であること、▲3▼バッテリー電圧が所定値以上であること）を全て満たしたときに復帰条件が成立するようにしたが、これら3つの条件▲1▼～▲3▼のうちの少なくとも1つ（又は2つ以上）が成立したときに、復帰条件が成立するようにしても良い。

【0110】

例えば、モータ駆動期間TACTSMが全吸気バルブ閉弁期間TCLOSE又は規格上限値M以下と判定されたときに復帰条件が成立するようにしても良い。

10

或は、バッテリー電圧が所定値以上と判定されたときに復帰条件が成立するようにしても良い。バッテリー電圧の低下によって可変バルブリフト機構30の応答性が悪化した場合、バッテリー電圧が所定値以上に回復すると、可変バルブリフト機構30の応答性が回復するため、バッテリー電圧が所定値以上に回復したときに、復帰条件が成立するようにすれば、可変バルブリフト機構30の応答性が回復したときに、気筒別可変バルブ制御を再開することができる。

【0111】

また、本発明の適用範囲は、吸気バルブのリフト量を可変する可変バルブ制御システムに限定されず、吸気バルブのリフト量、作用角、バルブタイミングの少なくとも1つを可変する可変バルブ制御システムに広く適用することができる。また、排気バルブについても、本発明を適用して実施できる。

20

【0112】

更に、本発明は、気筒間の吸入空気量ばらつきに基づいて気筒別可変バルブ制御を行うシステムに限定されず、気筒間のバルブ可変量ばらつきに基づいて気筒別可変バルブ制御を行うシステムに適用しても良い。

【0113】

その他、本発明は、直列エンジンに限定されず、V型エンジン、水平対向エンジン等、種々の複数気筒エンジンに適用でき、気筒数も適宜変更しても良いことは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態におけるエンジン制御システム全体の概略構成図

30

【図2】可変バルブリフト機構の正面図

【図3】可変バルブリフト機構によるバルブリフト量の連続可変動作を説明するためのバルブリフト特性図

【図4】気筒別可変バルブ制御実行・禁止ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図5】気筒別可変バルブ制御禁止判定ルーチンの処理の流れを示すフローチャート（その1）

【図6】気筒別可変バルブ制御禁止判定ルーチンの処理の流れを示すフローチャート（その2）

【図7】気筒別可変バルブ制御復帰判定ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図8】気筒別可変バルブ制御ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

40

【図9】気筒間吸入空気量ばらつき率算出ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図10】リフト補正量FVVLのマップを概念的に示す図

【図11】可変バルブ制御の実行例を示すタイムチャート

【図12】可変バルブリフト機構の応答性の正常時の気筒別可変バルブ制御の実行例を示すタイムチャート

【図13】可変バルブリフト機構の応答性の悪化時の気筒別可変バルブ制御の実行例を示すタイムチャート

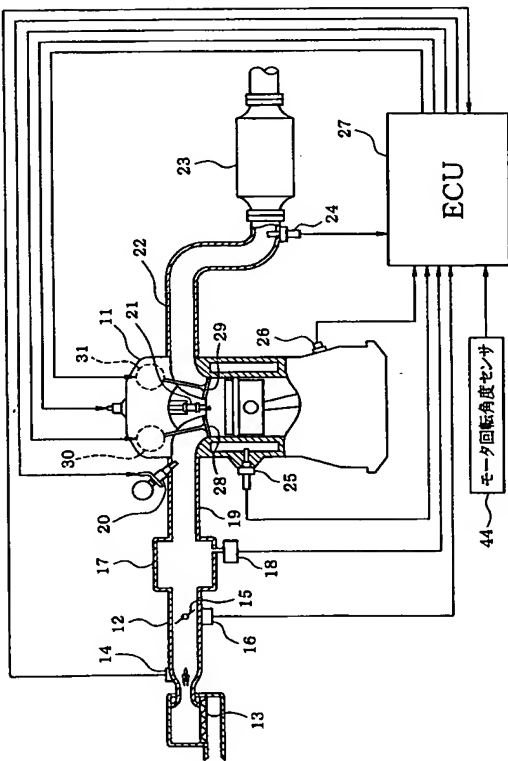
【符号の説明】

11…エンジン（内燃機関）、12…吸気管、14…エアフローメータ、15…スロットルバルブ、20…燃料噴射弁、21…点火プラグ、22…排気管、26…クランク角セン

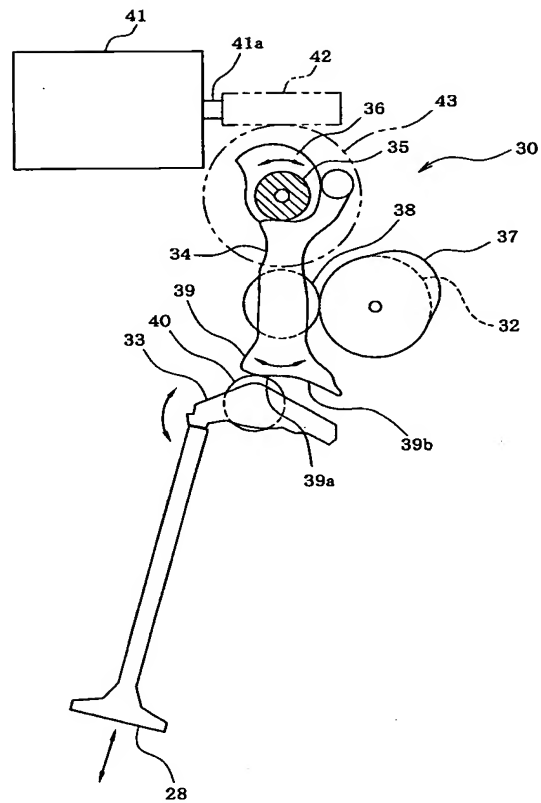
50

サ、27…ECU（気筒別目標バルブ可変量設定手段、気筒別可変バルブ制御手段、気筒別可変バルブ制御禁止手段、リフト量制限モード可変バルブ制御手段、スロットル制御手段、復帰制御手段）、28…吸気バルブ、29…排気バルブ、30、31…可変バルブリフト機構（可変バルブ機構）、41…モータ（アクチュエータ）、44…モータ回転角度センサ。

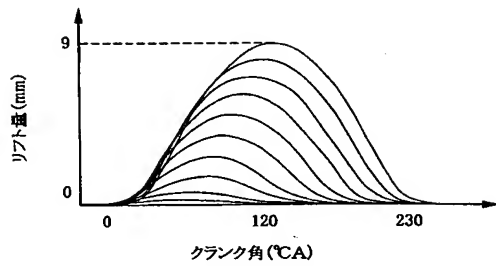
【図1】



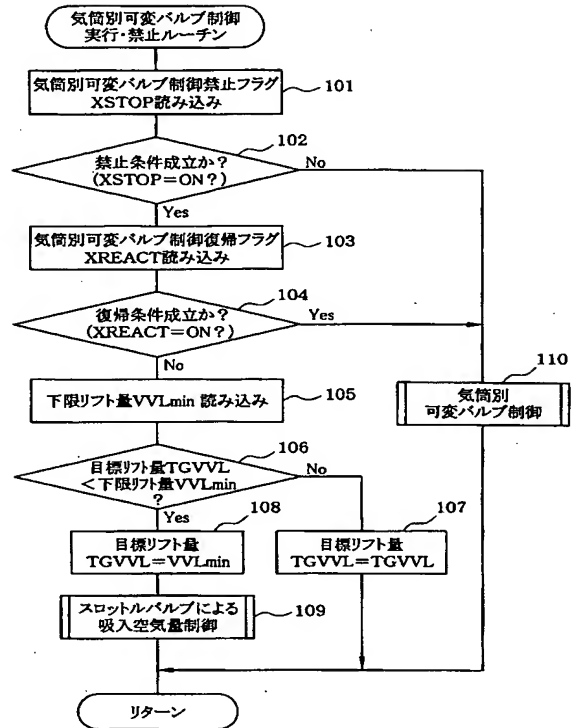
【図2】



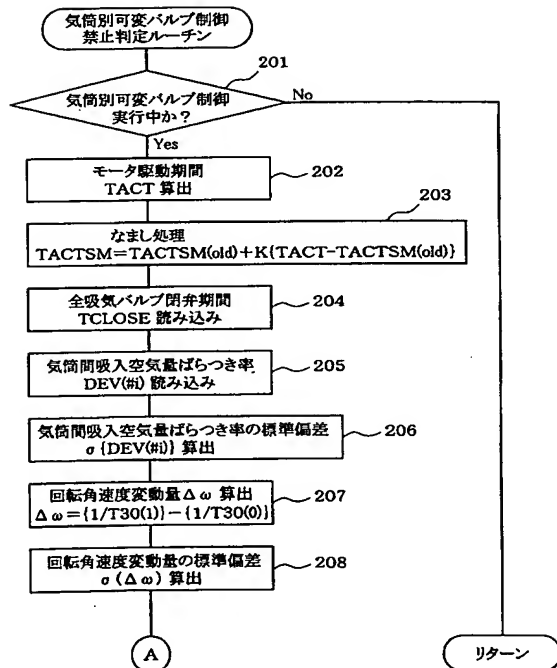
【図 3】



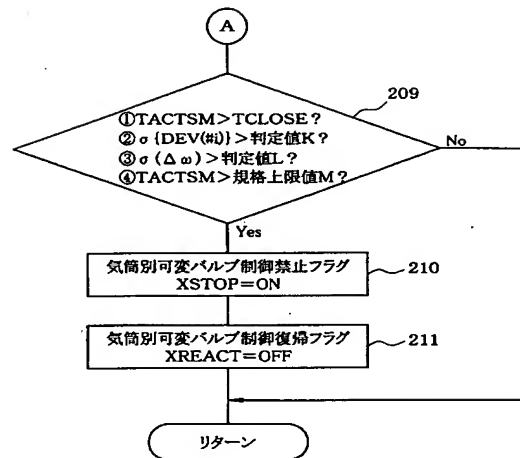
【図 4】



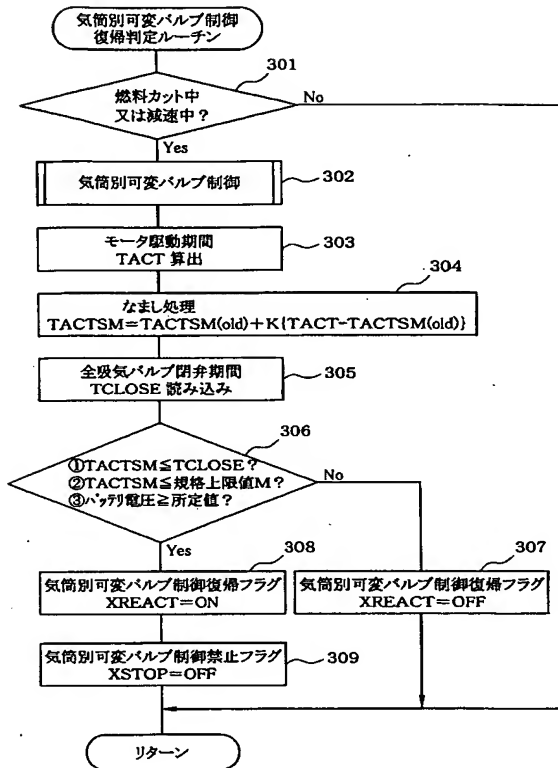
【図 5】



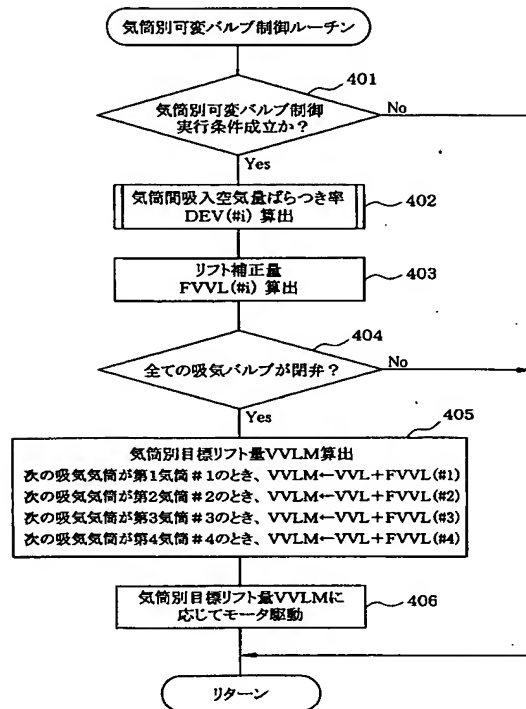
【図 6】



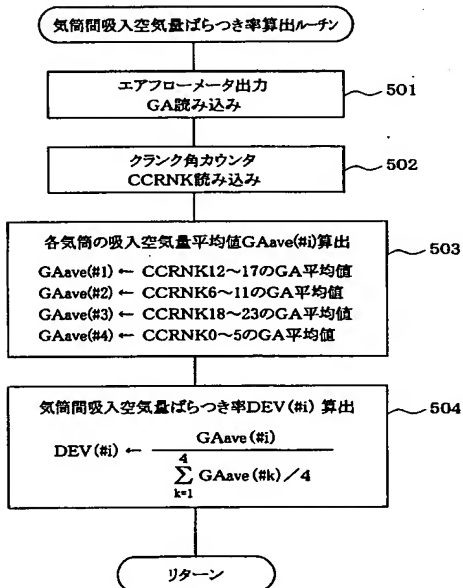
【図 7】



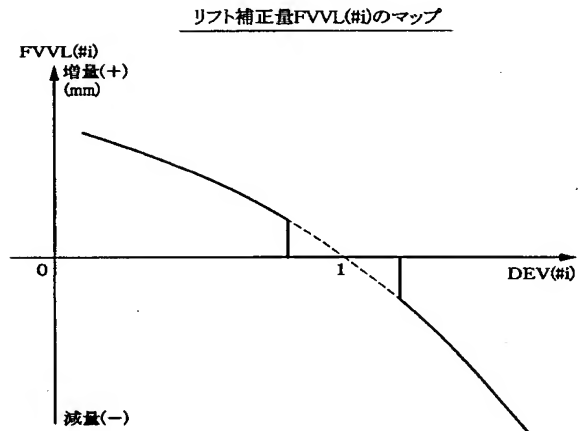
【図 8】



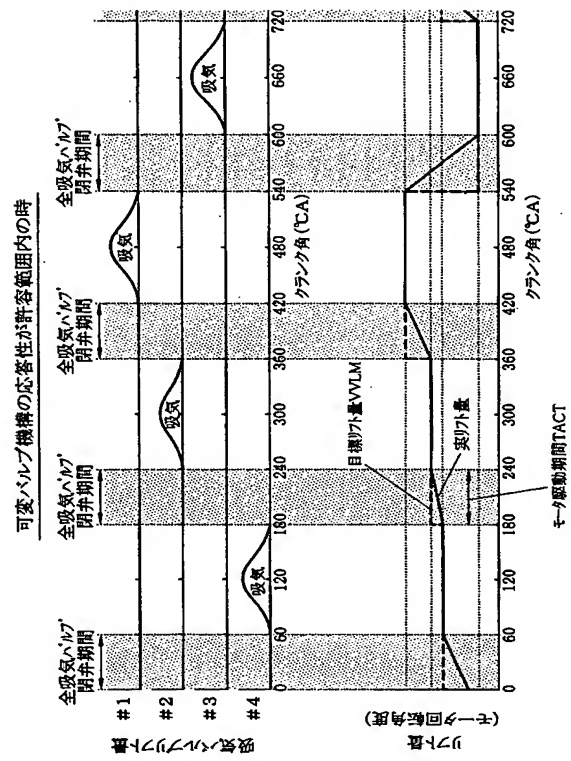
【図 9】



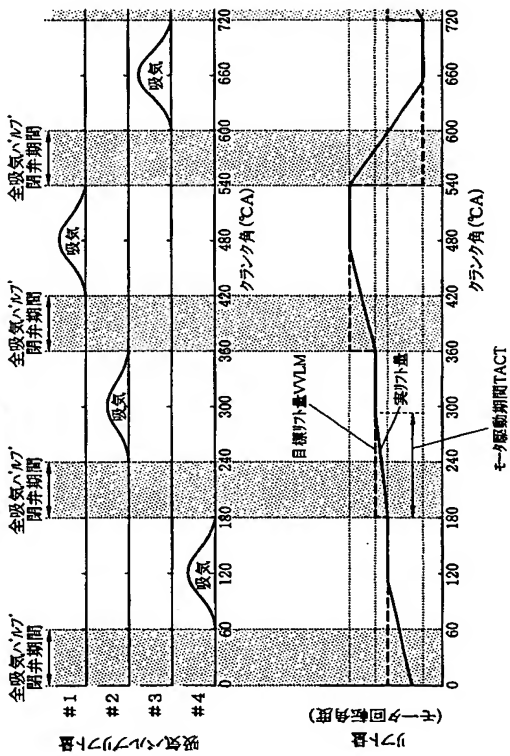
【図 10】



【図 1 2】



【图 1 3】



フロントページの続き(51)Int. Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

F 0 2 D 43/00 3 0 1 Z

F ターム(参考) 3G092 AA01 AA05 AA11 AA13 BA01 DA01 DA02 DA05 DC01 DG08
EA08 EA14 EA22 EA25 EB01 EC01 FA03 FA05 FA36 FA48
FB03 HA01X HA01Z HA05Z HA06X HA06Z HA13X HA13Z HE02Z HE03Z
3G301 HA01 HA06 HA19 JA04 JA05 JA14 JA15 JB02 JB07 LA01
LA07 LB01 LC04 NA01 NA08 NE16 PA01Z PA07Z PA11Z PE02Z
PE03Z PE10A PE10B PE10Z